

AGNIESZKA LIS-KRZYŚCIN¹, JANINA OSTROWSKA¹, IRENA WACŁAWSKA²

UWALNIANIE FOSFORU ZE SZKŁA NAWOZOWEGO I SUPERFOSFATU W TRAKCIE INKUBACJI W OBECNOŚCI BAKTERII FOSFOROWYCH*

Z ¹Katedry Uprawy Roli i Nawożenia Roślin Ogrodniczych
Akademii Rolniczej w Krakowie
oraz z ²Katedry Technologii Szkła i Powłok Amorficznych
AGH w Krakowie

ABSTRACT. Use of higher doses of phosphorus resulted in the enlargement of assimilable phosphorus content in medium. Introduction of phosphoric bacterium into the medium caused the increasing release of inorganic phosphorus. Cyclic processes of immobilization and activation of phosphorus were observed during incubation.

Key words: glassy fertilizers, incubation, phosphorus bacteria, inorganic phosphorus

Wstęp

Od dawna trwa poszukiwanie nowych rodzajów nawozów mineralnych spełniających funkcje nawozowe, a nie mających ujemnego wpływu na środowisko. Wydaje się, że takie zadanie spełniają szkła nawozowe opracowane w Katedrze Technologii Szkła i Powłok Amorficznych w AGH (Stoch i in. 2003). Szkła nawozowe to szkła krzemiano-fosforanowe, które ze względu na swój skład i strukturę wewnętrzną mogą dostarczać roślinie podstawowe makroelementy, jak potas, fosfor, wapń, magnez oraz pełen zestaw mikroelementów (Cu, Fe, Mn, Zn, Co, B).

Zawartość składników pokarmowych w szklach nawozowych można zmieniać w szerokim zakresie w zależności od wymagań odbiorców: P₂O₅ – 0-15% wag., CaO – 15-30% wag., MgO – 15-30% wag., K₂O – 0-15% wag., plus zestaw mikroelementów 0-10% wag. Dzięki odpowiedniemu składowi chemicznemu i szklistej postaci są trudno rozpuszczalne w wodzie. Po wprowadzeniu do gleby ich rozpuszczalność zależy od warunków środowiska glebowego, takich jak pH, temperatura i zawartość składników

* Badania finansowane przez Komitet Badań Naukowych. Grant 4 T08D 022 25

pokarmowych (Waclawska i Ostrowska 2001, Waclawska i in. 2001, Waclawska i in. 2002).

W latach 2001-2002 w Katedrze Uprawy Roli i Nawożenia Roślin Ogrodniczych przeprowadzono badania określające możliwości zwiększenia wykorzystania zawartego w szklach nawozowych fosforu przez wprowadzenie do gleby bakterii fosforowych *Bacillus megaterium* var. *phosphateum* w warunkach uprawowych (Lis-Krzyżcin i in. 2003). Równocześnie prowadzono badania w warunkach laboratoryjnych nad stopniem rozpuszczania szkieł nawozowych w zależności od ilości fosforu oraz obecności bakterii fosforowych w podłożu w trakcie inkubacji.

Material i metody

Badania przeprowadzono w Katedrze Uprawy Roli i Nawożenia Roślin Ogrodniczych AR w Krakowie. Do badań użyto szkła nawozowego o składzie: SiO_2 – 35% wag., P_2O_5 8% wag., MgO – 21% wag., CaO – 9% wag., K_2O – 21% wag., oraz mikroelementy – Fe, Cu, Zn, Mn, B (sumarycznie 0,5% wag.). Inkubację prowadzono przez 48 tygodni w temperaturze 22-25°C przy 60% wilgotności podłoża. Podłoże stanowił piasek, w którym analiza przed inkubacją wykazała: 28 mg N-NH_4 , 17,5 mg NO_3 , 11,3 mg P, 291,2 mg K, 187,7 mg Ca oraz 19,0 mg Mg w 1 dm^3 oraz pH – 6,7 i EC – $0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$. Do równych objętości piasku dodano jednakowe ilości szkła nawozowego ($8 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$) oraz wzrastające dawki fosforu 0, 60 i 120 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ w postaci superfosfatu potrójnego. Do połowy obiektów dodano bakterie fosforowe *Bacillus megaterium* var. *phosphateum* (15 mln bakterii w 1 cm^3 pożywki) namnożone na pożywce mineralnej w Katedrze Mikrobiologii AR w Krakowie.

Zgodnie z powyższym opisem wyznaczono następujące obiekty:

- 1 – szkło nawozowe
- 2 – szkło nawozowe + bakterie fosforowe
- 3 – szkło nawozowe + 60P
- 4 – szkło nawozowe + 60P + bakterie fosforowe
- 5 – szkło nawozowe + 120P
- 6 – szkło nawozowe + 120P + bakterie fosforowe

Po upływie 4, 8, 16, 32 i 48 tygodni wykonywano analizę podłoża, oznaczając zawartość przyswajalnego fosforu metodą molibdenowo-wanadową w wyciągu 0,03 M kwasu octowego wg Nowosielskiego (Sady i in. 1994). Uzyskane wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji dla doświadczenia jednoczynnikowego przy użyciu testu Duncana przy poziomie istotności $p = 0,05$.

Wyniki

Zmiany zawartości przyswajalnego fosforu w podłożu po 4, 8, 16, 32 i 48 tygodniach inkubacji przedstawiono w tabeli 1. We wszystkich terminach pomiaru obserwowano zwiększanie zawartości przyswajalnego fosforu w podłożu wraz ze wzrostem dawki wprowadzonego fosforu. Tendencję tę stwierdzono w obiektach, zarówno bez, jak

Tabela 1

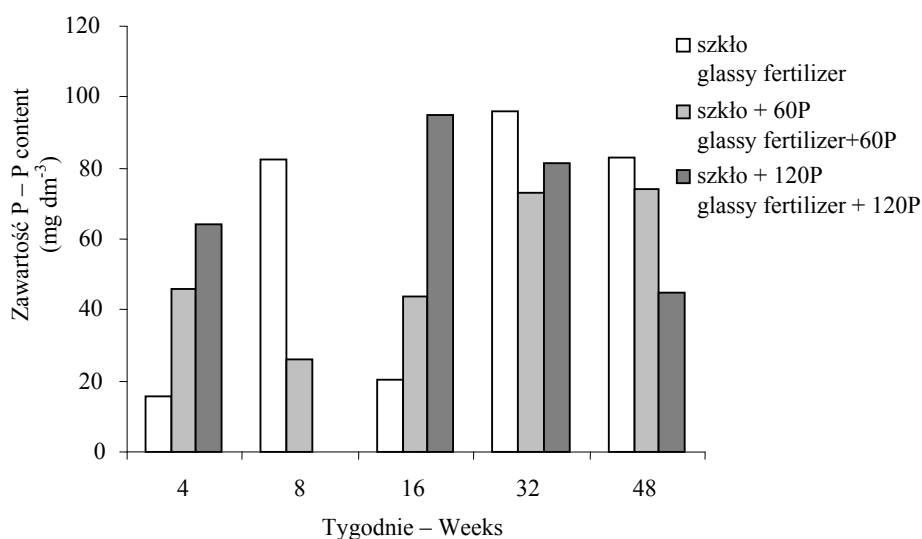
Zawartość fosforu przyswajalnego (mg dm^{-3}) w podłożu w trakcie inkubacji
Content of assimilable phosphorus (mg dm^{-3}) in the medium during incubation

Objekt Object	Inkubacja (tygodnie) – Incubation (weeks)				
	4	8	16	32	48
Szkło nawozowe Glassy fertilizer	179,2 a	221,2 a	119,5 a	186,4 a	160,2 a
Szkło nawozowe + 60P Glassy fertilizer + 60P	254,8 b	286,0 b	123,5 a	232,0 b	199,7 b
Szkło nawozowe + 120P Glassy fertilizer + 120P	260,3 b	346,6 c	171,0 bc	287,1 c	258,4 d
Szkło nawozowe + bakterie Glassy fertilizer + bakteria	194,8 c	303,6 b	140,0 a	282,6 c	243,2 c
Szkło nawozowe + 60P + bakteria Glassy fertilizer + 60P + bakteria	300,8 c	312,2 bc	167,2 a	304,8 d	274,0 e
Szkło nawozowe + 120P + bakteria Glassy fertilizer + 120P + bakteria	324,3 d	346,6 c	266,2 b	368,4 e	303,4 f

Średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy $p = 0,05$
Means in the columns indicated by different letters differ at $p = 0.05$

i z wprowadzeniem bakterii fosforowych. Po upływie czterech i ośmiu tygodni inkubacji wyraźnie wzrosła zawartość fosforu w podłożu w stosunku do stanu początkowego. Wyniki analizy chemicznej wskazują, że ilość uwolnionego fosforu wzrastała wraz ze wzrostem dawki wprowadzonego do podłoża fosforu nieorganicznego. Natomiast po 16 tygodniach stwierdzono niższe zawartości dostępnego fosforu w podłożu, wyższe zawartości odpowiadały wzrastającym ilościom wprowadzonego fosforu. Zawartość fosforu w podłożu po upływie 32 tygodni inkubacji była wyższa niż po 16 tygodniach. Dalsze 12 tygodni inkubacji (analiza po 48 tygodniach) spowodowało ponowne obniżenie zawartości przyswajalnego fosforu w podłożu.

W obiektach o jednakowych dawkach fosforu wprowadzenie bakterii fosforowych powodowało zwiększenie zawartości przyswajalnego fosforu. Po upływie 48 tygodni, szczególnie wyraźnie zaznaczyła się zależność, że wprowadzenie niższej dawki fosforu i zastosowanie bakterii fosforowych dawało lepszy efekt niż użycie wyższej dawki bez bakterii. W rozważaniach teoretycznych, porównując zawartość fosforu w obiektach zawierających bakterie z odpowiadającymi im obiektami pod względem zawartości fosforu, można stwierdzić, że udostępnianie fosforu przez bakterie odbywało się cyklicznie (ryc. 1). Po 4 i 16 tygodniach inkubacji obserwowano, że ilość uwolnionego fosforu przez bakterie rosła wraz ze zwiększaniem dawki fosforu wprowadzonego do podłoża. Natomiast po 8 i 48 tygodniach obserwowano tendencję przeciwną – ilość udostępnianego fosforu malała wraz ze wzrostem dawki wprowadzanego fosforu.



Ryc. 1. Fosfor uwolniony przez bakterie w trakcie inkubacji
 Fig. 1. Release of phosphorus by bacteria during incubation

Dyskusja

Z przedstawionych badań wynika, że istnieją możliwości zwiększenia dostępności fosforu nieorganicznego pod wpływem działalności bakterii fosforowych. Zbieżne wyniki uzyskano w doświadczeniu wazonowym w warunkach polowych (Lis-Krzyściń i in. 2003).

Zróźnicowanie zawartości fosforu przyswajalnego w podłożu jest prawdopodobnie związane ze specyfiką rozpuszczania szkieł nawozowych. Gwałtowny wzrost zawartości fosforu po pierwszych 4 tygodniach inkubacji potwierdza, że w trakcie rozpuszczania szkła w pierwszej kolejności zostaje usunięty fosfor (Stoch i in. 2001). Zbliżone zawartości fosforu w obiektach z dawką 60 i 120 mg P · dm⁻³, mogą wskazywać, że wyższa dawka fosforu w podłożu wpływała ograniczająco na uwalnianie tego składnika ze szkła. Zaobserwowana niższa zawartość przyswajanego fosforu w podłożu po 16 i 48 tygodniach inkubacji w porównaniu z wynikami analiz wykonanymi po 8 i 32 tygodniach, może być spowodowana tym, że wprowadzenie do gleby fosforu spowalnia wymycie tego pierwiastka ze szkła. Proces ten jest tym mocniej zahamowany, im większe jest stężenie fosforu w glebie. W cykl tych przemian są ściśle włączone organizmy glebowe, m.in. bakterie fosforowe. Uczestniczą one w rozpuszczaniu nieorganicznego fosforu, powodując często jego biologiczną immobilizację (Paul i Clark 2000). Badania kinetyki pobierania mikrobiologicznego fosforu (Gehl i Oberson 2001) w doświadczeniach ze znakowanym ³³PO₄ wykazały intensywne pobieranie fosforu z roztworu glebowego przez mikroorganizmy glebowe z równoczesnym wprowadzeniem do roztworu glebowego fosforu z trudno rozpuszczalnych form. Obniżona zawartość fosforu prawdopodobnie była również wynikiem uwsteczniania uwalnianego fosforu przez równocześnie uruchamiane jony wapnia ze szkła (tworzenie się fosforanów wapnio-

wych). Ponowny wzrost zawartości przyswajalnych form fosforu po 32 tygodniach może potwierdzać fakt, że mikrobiologiczna immobilizacja fosforu jest krótkotrwała i chroni go przed uwstecznieniem. W przedziale czasowym różne grupy mikroorganizmów namnażają się, dając od kilku do kilkunastu generacji, co powoduje cykliczność wyżej wymienionego zjawiska (Russel 1974).

Wnioski

1. Zastosowanie wyższych dawek fosforu powodowało zwiększenie zawartości fosforu przyswajalnego w podłożu.
2. Wprowadzenie bakterii fosforowych do podłoża spowodowało zwiększone udostępnienie fosforu nieorganicznego.
3. Podczas inkubacji obserwowano cyklicznie zachodzące procesy immobilizacji i uruchamiania fosforu.

Literatura

- Gehl F., Oberson A.** (2001): Kinetics of microbiological phosphorus uptake in cultivated soils. *Biology and Fertility of Soil* 34 (1): 31-41.
- Lis-Krzyściński A., Ostrowska J., Waclawska I.** (2003): Rozpuszczalność fosforu nieorganicznego w zróżnicowanych warunkach aktywności biologicznej gleby. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus* 2(2): 101-108.
- Ostrowska J., Lis-Krzyściński A., Waclawska I.** (2002): Rozpuszczalność szklanych nawozów mineralnych w określonych warunkach środowiska glebowego. *Rocz. AR Pozn. CCCXLI, Ogrodn.* 35: 133-140.
- Paul E.A., Clark F.E.** (2000): *Mikrobiologia i biochemia gleb*. Wyd. UMCS, Lublin.
- Russel S.** (1974): *Drobnoustroje a życie gleby*. PWN, Warszawa.
- Sady W., Domagała I., Kowalska I., Lis-Krzyściński A., Ostrowska J.** (1994): Przewodnik do ćwiczeń z uprawy roli i nawożenia roślin ogrodniczych. Skrypt AR, Kraków.
- Stoch L., Waclawska I., Lis-Krzyściński A.** (2001): Mechanism of biochemical activity of glass fertilisers. *Pollution control in agriculture and fertiliser industry. Chemistry for Agriculture*, vol. 2:74-80.
- Stoch L., Stoch Z., Waclawska I.** (2003): Krzemianowe szkło fosforanowe. PL 185229 B1.
- Waclawska I., Ostrowska J.** (2001): Biochemical activity of silicate phosphate glasses. *Proc. Int. Congr. Glass 2. Ext. Abstracts Edinburgh, Scotland July*: 990-991.
- Waclawska I., Stoch L., Ostrowska J.** (2001): Biochemiczna aktywność szkieł nawozowych. PAN, Oddział w Krakowie, *Biuletyn Ceramiczny – Ceramika* 66: 169-175.
- Waclawska I., Sumera M., Ostrowska J.** (2002): Activity of Glassy Fertilizers in Soil Environment. *Chemical products in agriculture and environment. Chemistry for Agriculture* 3: 303-307.

PHOSPHORUS RELEASE FROM GLASS FERTILIZER AND SUPERFOSFAT
DURING INCUBATION WITH PHOSPHORUS BACTERIA

S u m m a r y

The aim of the present work was to evaluate the possibility of using inorganic phosphorus to a larger extent, by introducing to the medium the phosphorus bacteria *Bacillus megaterium* var. *phosphateum*, propagated on the mineral nutrient. According to the obtained results, the solubility of inorganic phosphorus depended on the concentration of phosphorus in the substrate, as well as on the presence of phosphorus bacteria. Comparison of the obtained results with the previous data, concerning the glassy fertilizer changes in the soil environment, allows to elaborate the parameters for the best solubility and availability of phosphorus for the plants.